

## CRESCIMENTO E COMPOSIÇÃO MINERAL DA ALFACE NO SISTEMA HIDROPÔNICO POR CAPILARIDADE

Joseane Oliveira da Silva<sup>1</sup>; Pahlevi Augusto de Souza<sup>2</sup>; Júlio Gomes Júnior<sup>2</sup>; Paulo Roberto G. Pereira<sup>2</sup>; Felizardo Adenilson Rocha<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CCTA - Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, joseane@uenf.br

<sup>2</sup>Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG,

<sup>3</sup>Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG,

### 1 RESUMO

Este trabalho avaliou o crescimento e composição mineral da Alface cv. Grand Rapids no sistema hidropônico por capilaridade. Comparou-se capilares com 1 ou 2 cordões, de diferentes composições físico-químicas, no cultivo hidropônico de alface para um experimento conduzido em casa de vegetação. Os tratamentos consistiram na adoção de dois tipos de capilares, utilizando 1 ou 2 unidades por tratamento (sem aeração), contrastando com o cultivo convencional (sistema sem capilar e aerado artificialmente - testemunha). Foram avaliados os seguintes parâmetros: altura da parte aérea, comprimento da raiz, número de folhas, volume de raiz, teores de água nas folhas, relação parte aérea/raiz, acúmulo de nitrogênio na planta, Eh, pH, condutividade elétrica, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P, K, S e B na folha. O cultivo hidropônico convencional não diferiu do cultivo hidropônico por capilaridade quanto ao número de folhas, volume de raiz, crescimento radicular, matéria seca da parte aérea, matéria seca da folha. Os cultivos hidropônicos capilar sem arejamento e, sem capilar e sem arejamento apresentam a mesma qualidade de produção quando comparado com o sistema convencional com arejamento através de compressor, sendo este último sistema muito mais oneroso, uma vez que requer gasto de energia elétrica para bombeamento de água.

**UNITERMOS:** *Lactuca sativa* L., nutrição mineral.

**SILVA, J. O.; SOUZA, P. A.; JÚNIOR, J. G.; PEREIRA, P. R. G.; ROCHA, F. A. GROWTH AND MINERAL COMPOSITION OF LETTUCE ON CAPILLARY HYDROPONIC SYSTEM**

### 2 ABSTRACT

This study evaluated the growth and mineral composition of lettuce cv Grand Rapids in a capillary hydroponic system. An experiment, carried out in greenhouse, compared different physical and chemical composition capillary with 1 or 2 strings in a hydroponic lettuce cultivation. Treatments consisted of 2 types of capillary, using 1 or 2 units per treatment (without aeration) compared to conventional cultivation (non-capillary system with artificial aeration – control system). The following parameters were evaluated: shoot height, root length, leaf number, root size, leaf water content, shoot/root relation, nitrogen accumulation in plant, Eh, pH, electric conductivity, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P, K, S and B in the leaf. The conventional hydroponic cultivation did not differ from the capillary hydroponic system in relation to leaf number, root size, root growth, shoot dry matter and leaf dry matter. The hydroponic cultivation without aeration and the one without aeration and capillary presented the same production quality when compared to the conventional system with artificial aeration. Thus, the latter is a more expensive system once electricity is required to operate the water pumping system.

**KEYWORDS:** *Lactuca sativa* L., mineral nutrition.

### 3 INTRODUÇÃO

O consumo de hortaliças tem aumentado não só pelo crescente aumento da população, mas também, pela tendência de mudança no hábito alimentar por parte do consumidor, tornando-se inevitável o aumento da produção. No caso específico da alface, dados recentes demonstram que a esta cultura ocupa uma área de 4 026 hectares com produção nacional de 60 867 toneladas, sendo que o Estado de São Paulo responde por 45,6% da produção nacional (CAMARGO FILHO & MAZZEI, 1994). Por outro lado, a exigência do consumidor também aumentou, havendo necessidade de se produzir em quantidade e qualidade, bem como manter o fornecimento o ano todo. Devido a essa tendência do mercado hortícola é que o cultivo protegido (túneis e estufas) vem aumentando a cada ano, assim como os cultivos hidropônicos que, apesar de recente no país, vem ganhando um grande espaço, principalmente próximo aos grandes centros consumidores, os chamados *cinturões verdes*.

Atualmente, têm-se pensado o uso de técnicas de cultivo hidropônico adaptadas ao ambiente urbano. O termo Agricultura Urbana vem sendo usado para definir o cultivo de plantas em reduzidas superfícies domésticas, geralmente utilizando terraços, recipientes em varandas e quintais, destinados à produção de alimentos para consumo próprio ou para venda em mercados e feiras locais (FAO, 1999).

As plantas cultivadas em sistema hidropônico tem ciclo mais curto, melhor qualidade visual, melhor sanidade, maior produtividade em menor espaço físico, menores riscos de danos com intempéries, maior economia com insumos e mão-de-obra, menor ocorrência de resíduos de agrotóxicos e possibilidade de programar a produção de acordo com a demanda (RIBEIRO et al., 1992). Estes fatores contribuíram para a consolidação da hidroponia em escala comercial. Muito mais que um agronegócio, a hidroponia assume papel significativo na área social e na área ambiental.

A alface, por ocupar pouco espaço, atingir mais rapidamente o ponto de comercialização, pelo rápido retorno financeiro e pelas excelentes qualidades nutricionais (fonte de vitaminas e sais minerais) é a cultura que vem ganhando cada vez mais espaço na produção hidropônica. Por ser um produto perecível e consumido *in natura*, a preocupação com a qualidade da alface, seja nutricional ou sanitária, deve ser mantida em todos os segmentos envolvidos no processo da produção e comercialização. Araújo (1999) comenta que a alface, devido a sua aceitação e simplicidade de manejo, é a hortaliça mais produzida pelo método de hidroponia no Brasil.

A maioria dos sistemas hidropônicos atualmente utilizados requer aeração ou circulação da solução nutritiva para possibilitar ótimas condições para respiração aeróbica das raízes, afim de que haja uma boa absorção de água e nutrientes. Martinez (2002) comenta que em experimentação a aeração é realizada injetando-se ar comprimido aos vasos contendo solução nutritiva e que quanto mais subdivididas as bolhas de ar, melhor a oxigenação da solução. No entanto, os custos de produção adicionais e a complexidade associada com a aeração e circulação da solução nutritiva, principalmente o gasto com energia elétrica, têm retardado a adoção de práticas hidropônicas a seu potencial pleno na agricultura comercial (KRATKY, 1993).

Dentre os vários sistemas hidropônicos existentes, destaca-se o sistema de pavio ou capilaridade. Trata-se de um sistema estático, em que a solução nutritiva permanece estática junto ou próxima as raízes.

Neste sistema, a água e, com ela os nutrientes, sobe por cordões (capilares) devido ao fenômeno da capilaridade. Este fenômeno é resultante da interação entre o ângulo de contato e as forças de tensão superficial, adesão e coesão. Enquanto a adesão faz com que a água molhe o sólido (ângulo de contato  $< 90^\circ$ ), a coesão é responsável pela continuidade do meio líquido (IWATA et al. (1988). O fenômeno da capilaridade manifesta-se elevando a água através do cordão até as raízes da cultura.

A praticidade nas instalações de cultivo hidropônico e a forma como o nutriente chega até a planta, ou seja, fornecimento da solução para a cultura que está sendo implantada, como no caso do cultivo hidropônico por capilaridade torna-se uma alternativa bastante interessante com redução do consumo de energia. Nesse sistema, não há demanda de energia elétrica como ocorre no cultivo hidropônico com aeração através de um compressor de ar. Além do mais tem a vantagem de ocorrer uma aeração da solução durante o processo de ascensão capilar.

Devido à ausência de estudos que visem avaliar sistemas capilares em hidroponia, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e o desenvolvimento de alface bem como suas composições minerais, submetidas ao sistema hidropônico por capilaridade. Foram avaliados os parâmetros físicos: comprimento radicular, altura de planta, volume radicular e número de folhas e os parâmetros químicos: teor de macronutrientes e boro.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Instalação do experimento

O experimento foi conduzido no período compreendido entre outubro e novembro, em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da UFV, Viçosa, MG. As sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Grand Rapids (lisa e sem cabeça) foram cultivadas em copos plásticos de 50 mL contendo algodão hidrófilo, colocando-se 4 sementes por copo. Da semeadura à germinação as sementes foram irrigadas com água pura, enquanto que a partir da abertura dos cotilédones as plântulas foram irrigadas com solução nutritiva de crescimento (Quadro 1). Fez-se um desbaste, permanecendo uma muda por copinho que, posteriormente, foi transplantada para floreiras após adaptação das mudas. A muda foi considerada adaptada quando apresentou quatro folhas definitivas.

A condutividade elétrica (CE) e o pH da solução nutritiva utilizados neste experimento foram, respectivamente, 2,22 dS m<sup>-1</sup> e 6,3. Não houve controle do pH e da CE, pois foi adotado como critério de troca da solução nutritiva uma redução no volume da solução nutritiva de 30%. Ao se alcançar esse índice de redução, completou-se o volume das floreiras com solução nutritiva com ½ de força iônica.

**Quadro 1.** Concentração de macronutrientes e micronutrientes da solução de Steiner modificada e utilizada no experimento.

Macronutrientes							Micronutrientes					
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P- H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	S-SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	B	Cu	Mn	Mo	Zn	Fe
-----mmol L <sup>-1</sup> -----							----- μmol L <sup>-1</sup> -----					
3,0	9,0	1,0	3,5	7,0	4,5	2,0	46	0,3	36,0	0,5	1,5	45

### 4.2 Unidade experimental

A unidade experimental foi formada por uma floreira do tipo “Planta Viçosa” com capacidade para 8 litros e dimensões de 50 cm × 19 cm × 18 cm, com oito orifícios. O comprimento do cordão capilar foi de 20 cm sendo a porção introduzida na solução nutritiva de 17 cm. O cordão capilar foi introduzido no copinho de 50 mL através de um orifício localizado no fundo do mesmo sendo, posteriormente, mergulhado na solução nutritiva. As floreiras que tinham os tratamentos em que a ascensão da solução até o sistema radicular se faria por força capilar continha 5L de solução nutritiva e aquelas sem o cordão capilar continham 8 L da mesma solução, permanecendo, esse volume, até que as raízes tivessem alcançado comprimento suficiente para permanecerem num volume de 5L, o que se deu por volta dos 10 dias após o transplante. A solução nutritiva foi repostada com nova solução apresentando 50% dos nutrientes da original, sempre que a solução apresentou redução no volume de 30% a 40%.

O experimento foi montado em um delineamento inteiramente casualizado, sendo seis tratamentos (Quadro 2), com três repetições, sendo que cada repetição composta por três planta.

**Quadro 2.** Tratamentos utilizados no experimento

Tratamentos	Material	Quant. de cordões
Sistema convencional com aeração	-	-
Sistema por capilaridade sem aeração	Cordão de seda	1
Sistema por capilaridade sem aeração	Cordão de seda	2
Sistema por capilaridade sem aeração	Poliamida	1
Sistema por capilaridade sem aeração	Poliamida	2
Sistema sem capilaridade sem aeração	-	-

#### 4.3 Parâmetros avaliados

O comprimento radicular e a altura da planta foram determinados através de medições direta na raiz e na planta com uso de régua milimetrada (SANT'ANA et al., 2003). O volume radicular foi determinado por deslocamento de volume de água em proveta milimetrada e o número de folhas por contagem direta (SANT'ANA et al., 2003). Trabalhou-se com valor da média de três plantas por parcela.

O material vegetal colhido foi separado em folhas, raízes, caule, sendo obtida a massa de matéria fresca das raízes e parte aérea (folha e caule). Posteriormente, esse material foi secado em estufa a 60°C, até obter-se biomassa seca constante, que foi triturada em moinho tipo Wiley, com peneira de 20 malhas por polegada.

Para as análises químicas das plantas a parte amostrada (folhas) foram submetidas às digestões sulfúrica, para o N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, nítrico-perclórica para P, K, S e calcinação em mufla, com posterior solubilização com ácido clorídrico, para o micronutriente B.

O N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nas amostras dos componentes secos e moídas foi extraído em tubos de ensaio com água em recipiente submetido a banho-maria, à temperatura de 45 °C, por uma hora. Após o resfriamento do material, o extrato foi obtido pela adição de carvão ativado aos tubos, seguida de agitação e filtração. O teor de nitrato no extrato foi dosado, utilizando-se ácido salicílico 5 dag L<sup>-1</sup>, com a leitura de absorbância da solução básica a 410nm, em espectrofotômetro (CATALDO et al., 1975). O teor de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no extrato foi dosado, usando o reagente Nessler, com leitura a 480 nm em espectrofotômetro (JACKSON, 1958) citado por SILVA et al. (2000). O P foi dosado colorimetricamente pelo método de redução do fosfomolibdato pela vitamina C (BRAGA & De FELIPO, 1974). O K<sup>+</sup> por fotometria de emissão e o S dosado por turbidimetria do sulfato (BLANCHAR, 1965). A extração do B foi feita por calcinação, usando a mufla, e a dosagem por espectrofotometria, pelo método da azometina-H (YURI et al., 2002). Também foram feitas as determinações dos teores de água nas folhas subtraindo massa de matéria fresca da massa de matéria seca e dividindo pela massa de matéria fresca, relação parte aérea/raiz e o acúmulo de nitrogênio (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) na planta.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comprimento e o volume radicular, além do número de folhas e altura da planta, foi comparado ao tratamento convencional adotado neste experimento, não sendo verificadas diferenças estatísticas, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (Quadro 3).

Em média os tratamentos apresentaram 18,3 cm, 3,1 cm e 10, respectivamente para o comprimento radicular, volume radicular e número de folhas. Esses valores estão bem acima daqueles reportados por Chanseetis et al. (2001) para cv. Red Fire sob cultivo capilar, embora com uso de substratos (não de cordões capilares), que oscilaram entre 9,7 mm e 20,0 mm (comprimento radicular) e 14 a 21 (número de folhas). No que se refere à altura da planta, o tratamento convencional proporcionou plantas com maior altura (57,3 cm) em relação aos demais tratamentos, que apresentaram média de 42,2 cm, aos 28 dias após o transplante, não diferindo estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Este fato reduziu muito a qualidade comercial da alface cultivada neste experimento.

**Quadro 3.** Comprimento radicular (CR), altura de plantas (AP), volume radicular (VR) e número de folhas (NF) de alface cv. Grand Rapids, produzida em sistema hidropônico capilar

Tratamentos	CR (cm)	AP (cm)	VR (cm <sup>3</sup> )	NF (un.)
Sist. conv. c/ aeração s/ capilaridade	16,3A	57,3A	3,8A	11A
Sist. cap. aerado c/ 1 cordão de seda	20,3A	45,0 B	2,7A	11 A
Sist. cap. aerado c/ 2 cordões de seda	19,3A	43,7 B	2,1A	10 A
Sist. cap. aerado c/ 1 cordão de poliamida	21,7A	40,3 B	3,3A	10 A
Sist. cap. aerado c/ 2 cordões de poliamida	16,7A	38,3 B	3,5A	10 A
Sist. s/ cap. e s/ aeração	14,3A	44,7 B	2,0A	10 A
Coeficiente de variação (%)	23,78	14,13	45,94	12,64
Diferença mínima significativa (d.m.s.) <sub>5%</sub>	7,4	10,8	1,8	2,2

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Cultivares que apresentam crescimento elevado são indesejáveis, pois caules excessivamente compridos não apresentam boa compactidade e dificultam o beneficiamento da mesma, afetando a qualidade final do produto (YURI et al., 2002).

Após 7 dias do transplante observou-se forte tendência ao estiolamento em todos os tratamentos, talvez provocado pela elevada temperatura que alcançou os 44 °C na casa de vegetação. Este estiolamento foi tão acentuado que reduziu bastante a qualidade comercial da alface cultivada, por ocasião da colheita, em todos os tratamentos. As condições ambientais têm grande influência no comportamento da alface, principalmente a temperatura. Temperaturas acima de 20°C estimulam o estiolamento, que é acelerado à medida que a temperatura aumenta, havendo variações entre cultivares (SOUZA, 1998; YURI et al., 2002). Os autores ainda relatam que a alface é uma planta de clima ameno, sendo que em condições de temperaturas elevadas, como as observadas durante o período experimental, o ciclo vegetativo é acelerado, antecipando a fase reprodutiva em detrimento da produtividade e qualidade do produto, ocasionando acúmulo excessivo de látex, tornando as folhas amargas, rígidas e de tamanho e número reduzido.

A altura das plantas está bem acima daqueles citados por Fernandes et al. (2002) & Martinez (2002) que reportaram como valor mais elevado na altura das plantas 23,1 cm para a cultivar com maior altura de planta, o que já reduz bastante a qualidade comercial da alface. Já os valores de altura de plantas apresentada por esses autores para as cultivares Babá de Verão, Grandes Lagos e Regina foram de 14 cm, 14 cm e 9 cm, respectivamente, enquanto que para número de folhas foi de 30, 14 e 39, ficando muito acima dos resultados encontrados para essa mesma característica no presente experimento. Os mesmos autores citam ainda variações na temperatura de 7 °C a 32 °C, sendo inferiores aos observados no experimento (44 °C), o que pode justificar tendência acentuada ao estiolamento e número reduzido de folhas apresentados.

O melhor desenvolvimento da alface em sistemas não hidropônicos tem sido observado em temperaturas oscilando entre 15 °C e 20 °C (BRUNINI et al., 1976), enquanto que em sistemas hidropônicos a exigência de temperatura está em torno de 7°C a 24 °C (SADY et al., 1995). O sabor excessivamente amargo apresentado pela cultivar em estudo também contribuiu para a redução da qualidade comercial.

Os resultados apresentados neste trabalho diferem completamente dos obtidos por Kratky & Bowen (1988) para alface Green Ice e Green Mignonette. Para esses autores, há produção de alface com qualidade comercial de 89 e 81%, respectivamente para as cultivares Green Ice e Green Mignonette, cultivadas sob sistema hidropônico capilar. Apesar da temperatura máxima ter alcançado os 31 °C, os autores não relataram sintomas de estiolamento, além da não necessidade de reposição da solução nutritiva durante todo período experimental (35 dias). É provável que os resultados obtidos por Kratky & Bowen (1988) tenham diferido dos apresentados no presente trabalho em virtude de diversos fatores: 1- condições climáticas apresentadas pela casa de vegetação; 2- sistema hidropônico capilar diferente do apresentado neste trabalho; 3- cultivares diferentes. Resultados semelhantes para tomate cultivado sob sistema hidropônico capilar, quando comparado ao sistema convencional de cultivo em solo, também foram encontrados por Ledo et al. (2002). Os autores reportam que são

necessárias mais pesquisas sobre os efeitos do sistema hidropônico capilar sobre a qualidade e produção de hortaliças, envolvendo estudos mais detalhados do volume e conteúdo da solução nutritiva, tamanho dos recipientes utilizados, além dos efeitos fisiológicos causados sobre a cultura submetida ao sistema sem aeração.

Houve necessidade de se repor à solução nutritiva aos 14 e 21 dias após o transplante, em virtude da acentuada redução do volume da solução nutritiva. As plantas apresentaram fortes sintomas de murcha em todos os períodos por volta do meio dia (12h), ocasionado pela elevada temperatura. Apesar de na literatura encontrarmos referências relatando a importância da aeração da solução nutritiva (JACKSON, 1980; KRATKY, 1993) nenhum sintoma de podridão nas raízes, processo freqüente em plantas com ausência de aeração, foi observado nas plantas durante todo período experimental, indicando que é possível que os tratamentos aplicados (capilares) exerçam um processo de aeração da solução nutritiva, talvez durante a ascensão da solução pelo capilar.

No que se refere ao percentual de matéria seca nas folhas observou-se que o tratamento convencional apresentou menor percentual de matéria seca (5,27%) em relação aos demais tratamentos (Quadro 4). As plantas cultivadas sob sistema capilar com 1 e 2 cordões de seda e aquelas com 1 cordão de poliamida proporcionaram mesma produção de matéria seca que foi em média 7,84%. Os tratamentos com sistema capilar com 2 cordões de seda e sem sistema capilar e sem aeração proporcionaram plantas com teores mais elevados, embora não havendo diferenças estatísticas, que foi em média 9,94%. Porém, esses resultados foram inferiores aos encontrados por SOUZA (1998), que estudando características químicas de alface (Babá de Verão) cultivada sob efeito residual de um solo adubado com composto orgânico, encontrou valores variando de 26,44% a 28,77%.

O valor da massa de matéria fresca da parte aérea e matéria seca da folha foi inferior ao encontrado por Fernandes (2002), trabalhando com a alface var. Babá de Verão, Grandes Lagos e Regina em sistema hidropônico convencional.

O sistema convencional apenas diferiu estatisticamente do tratamento capilar com dois cordões de poliamida e o tratamento sem capilar e sem arejamento, porém ambos não diferiram entre si, sendo que o tratamento sem capilar e sem arejamento apresentou um incremento de massa de matéria fresca da parte aérea de 6% com relação ao tratamento com dois cordões de poliamida.

**Quadro 4.** Resultados médios de massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), massa de matéria seca da folha (MSF), percentual de matéria seca na folha (TMSF) e teor de água na folha (TAF) da alface em sistema hidropônico por capilaridade

Tratamentos	MFPA	MSPA	MSF	TMSF	TAF
	-----g planta <sup>-1</sup> -----			-----%-----	
Sist. conv. c/ aeração s/ capilaridade	44,4AB	2,3B	1,5A	5,27C	94,7A
Sist. cap. aerado c/ 1 cordão de seda	37,5ABC	2,6AB	1,8A	7,50B	92,5B
Sist. cap. aerado c/ 2 cordões de seda	35,0BC	2,6AB	1,7A	8,03B	92,0B
Sist. cap. aerado c/ 1 cordão de poliamida	40,4ABC	2,9AB	2,1A	8,00B	92,0B
Sist. cap. aerado c/ 2 cordões de poliamida	31,4C	2,8AB	2,0A	9,90A	90,1C
Sist. s/ capilar e s/ aeração	33,2C	3,0AB	2,0A	9,97A	90,0C
Coeficiente de variação (%)	26,87	34,96	19,10	25,94	38,23
Diferença mínima significativa (d.m.s.) <sub>5%</sub>	7,02	0,48	0,51	0,55	2,3

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O sistema convencional utilizando o compressor de ar quando comparado com o sistema hidropônico por capilaridade e sem capilaridade ambos sem arejamento, não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey com relação a massa de matéria seca da parte aérea da planta. Goto et al. (1996) estudando o efeito da concentração de oxigênio dissolvido no crescimento da alface em sistema hidropônico observaram que a massa de matéria seca da parte aérea e raiz aos 35 dias não apresentaram diferença estatística para diferentes concentrações de oxigênio dissolvido.

O teor de água na folha no sistema convencional apresentou diferença estatística (Tukey a 5% de probabilidade) quando comparado com os tratamentos com capilaridade e sem capilaridade, ambos sem aeração, apresentando um aumento de apenas 26,6 e 5,2% com relação ao tratamento sem capilar e sem arejamento, respectivamente.

Os teores de  $N-NO_3^-$  proporcionado pelos tratamentos estão apresentados nos Quadros 5 e 6. A concentração de  $N-NO_3^-$ , com base na matéria seca, observada para o sistema convencional com aeração foi a mais elevada. Os tratamentos com sistema capilar aerado com 1 e 2 cordões de seda, 1 e 2 cordões de poliamida e sistema sem capilar e sem aeração, não diferiram estatisticamente entre si, alcançando valores que variaram de 1.800  $mg\ kg^{-1}$  a 2.200  $mg\ kg^{-1}$ . Esses valores estão abaixo dos tolerados na Europa que são de 3.000  $mg\ kg^{-1}$  a  $mg\ 4.000\ mg\ kg^{-1}$  (BENOIT & CEUSTERMANS, 1989).

**Quadro 5.** Resultados médios dos teores dos nutrientes de  $N-NO_3^-$ ,  $N-NH_4^+$ , P e K em folhas de alface cv. Grand Rapids, produzida em sistema hidropônico capilar.

Tratamentos	$N-NO_3^-$	$N-NH_4^+$	N total	K	P
	----- $mg\ kg^{-1}$ -----			----- $g\ kg^{-1}$ -----	
Sist. conv. c/ aeração	2.900 A	18.200 A	21.100 A	18,5 AB	2,1 A
Sist. cap. aerado c/ 1 cordão de seda	2.200 BC	15.400 AB	17.600 AB	17,3 ABC	1,7 CD
Sist. cap. aerado c/ 2 cordões de seda	2.200 BC	16.000 AB	18.200 AB	15,8 BC	1,7 CD
Sist. cap. aerado c/ 1 cordão de poliamida	1.900 C	15.500 AB	17.400 AB	14,5 BC	1,5 D
Sist. cap. aerado c/ 2 cordões de poliamida	1.800 C	14.800 B	16.600 B	14,0 C	1,7 CD
Sist. s/ capilar e s/ aeração	1.800 C	16.400 AB	18.200 AB	16,1 BC	1,9 BC
Coeficiente de variação (%)	42,36	36,05	39,30	27,90	19,56
Dif. mínima significativa (d.m.s.) <sub>5%</sub>	312	740	765	1,3	0,18

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As folhas de alface tiveram preferência pela absorção de  $N-NH_4^+$  em relação a  $N-NO_3^-$  (SANTOS, 2000). No que se refere aos teores de S e B não houve diferenças estatísticas em seus teores, a 5% de probabilidade, cujo valor médio foi de 1.900 e 16,59  $mg\ kg^{-1}$ , respectivamente.

**Quadro 6.** Resultados médios de  $N-NO_3^-$  e  $N-NH_4^+$  acumulados na folha e dos teores de S e B nas folhas de alface cv. Grand Rapids, produzida em sistema hidropônico capilar.

Tratamentos	$N-NO_3^-$	$N-NH_4^+$	S	B
	$mg/planta$	$mg/planta$	$mg\ kg^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$
Sist. conv. c/ aeração	6,67 A	41,86 C	1.900 A	15,8 A
Sist. cap. aerado c/ 1 cordão de seda	5,72 B	40,04 C	2.100 A	17,5 A
Sist. cap. aerado c/ 2 cordões de seda	5,72 B	41,60 C	1.800 A	16,0 A
Sist. cap. aerado c/ 1 cordão de poliamida	5,51 B	44,95 B	1.800 A	17,0 A
Sist. cap. aerado c/ 2 cordões de poliamida	5,04 C	41,44 C	1.800 A	15,0 A
Sist. s/ capilar e s/ aeração	5,40 C	49,20 A	1.900 A	17,3 A
Coeficiente de variação (%)	31,89	29,45	14,29	17,19
Diferença mínima significativa (d.m.s.) <sub>5%</sub>	0,93	2,89	0,37	2,53

Os teores de P e K não foram favorecidos pelo uso de capilares, já que as plantas apresentaram os menores teores desses elementos, que foram em média 1,6  $g\ kg^{-1}$  e 15,4  $g\ kg^{-1}$ , respectivamente. O tratamento convencional proporcionou teores mais elevados desses elementos que foram de 2,1  $g\ kg^{-1}$  e 18,5  $g\ kg^{-1}$ , respectivamente para P e K. Os teores de K apresentados neste experimento estão bem abaixo daqueles reportados por (Fernandes, 2002) para diversas cultivares de alface sob cultivo hidropônico.

## 6 CONCLUSÕES

- 1) Para os parâmetros físicos avaliados, o cultivo hidropônico capilar sem aeração e, sem capilar e sem aeração apresentaram uma mesma qualidade de produção quando comparado com o sistema convencional com aeração através do compressor; exceto para o teor de água na folha, maior no sistema convencional;
- 2) Para os parâmetros químicos avaliados, os sistemas hidropônicos testados foram semelhantes ao sistema convencional com aeração, exceto para os nutrientes fósforo e nitrogênio (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), encontrados em maiores concentrações nas folhas de alface;
- 3) Os resultados sugerem que os capilares utilizados podem substituir o sistema de cultivo hidropônico aerado, economizando em gasto com energia elétrica para arejamento da solução.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, J. A. C. de. **Cultivo hidropônico da alface**. Brasília: SENAR, 1999. 136p.

BENOIT, F.; CEUSTERMANS, N. Recommendations for the commercial production of butterhead lettuce in NFT. **Soiless Culture**, Lunteren, v.5, n.1, p.1-11, 1989.

BLANCHARD, R. W.; REM, G.; GALDWELL, A C. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. **Proceedings Soil Science Society of América**, Madison, v.29, n.1, p.71-72, 1965.

BRAGA, J. M.; De FELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em estratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 21, n.1, p.73-85, 1974.

BRUNINI, O. et al. Temperaturas básicas para alface, cultivar White Boston, em sistemas de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v.19, n. 35, p.213-219, 1976.

CAMARGO FILHO, W.P.; MAZZEI, A.R. Hortaliças prioritárias no planejamento da produção orientada: estacionalidade da produção e dos preços. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.24, n.12, p.9-54, 1994.

CATALDO, D. A. et al. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitrification salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v.6, n.1, p.71-80, 1975.

CHANSEETIS, C. et al. Application of capillary hydroponic system to the lettuce growing under tropical climate conditions. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.548, n.1, 401-409, 2001.

FAO. **La agricultura urbana y periurbana**, Roma, 1999. p. 39.

FERNANDES, A. A. et al. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p.195-200, 2002.

GOTO, E. et al. Effect of dissolved oxygen concentrations on lettuce growth in floating hydroponics. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.440, n.1, p.205- 211, 1996.

IWATA, S.; TABUCHI, T.; WARKENTIN, B. P. **Soil water interactions** : mechanisms and applications. New York: Marcell Dekker, 1988. 380 p.

JACKSON, M. B. Aeration in the nutrient film technique of glasshouse crop production and the importance of oxygen, ethylene and carbon dioxide. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.98, n.1, p.61-78, 1980.

KRATKY, B. A. A capillary, noncirculating hydroponic method for leaf and semi-head lettuce. **HortTechnology**, Quincy, v.3, n.2, p.206 -207, 1993.

KRATKY, B. A.; BOWEN, J. E. Observations on a noncirculating hydroponic system for tomato production. **HortScience**, v.23, n.5, p.906 - 907, 1988.

LÉDO, F. J. da S.; SOUSA, J. A.; SILVA, M. R. da. Desempenho de cultivares de alface no estado do Acre. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, n.1, p.225-228, 2002.

MARTINEZ, H. E. P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 61 p. (Cadernos didáticos, 1).

JACKSON, M.L. Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: JACKSON, M. L. (ed.) **Soil chemical analysis**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1958. p.183-204.

RIBEIRO, L. G.; RODRIGUES, C.; EDSON FILHO, F. Avaliação de cultivares de alface no plantio de primavera em Alegre - ES. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.10, n.1, p.41-47, 1992.

SADY, W.; ROSEK, S.; MYCZOWSKI, J. Effect of different forms of nitrogen on the quality of lettuce yield. In: GROWING MEDIA E PLANT NUTRITION. Acta horticulturae. v.401, n.2, p.409 - 416, 1995.

SANT`ANA, E. P. ET AL. Utilização de fósforo e características do sistema radicular e da parte aérea da planta de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n. 2, p.370- 381, 2003.

SANTOS, O. S. de. **Hidroponia da Alface**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000. 160 p.

SILVA, W. et al. Absorção de nutrientes por mudas de duas espécies de eucalipto em resposta a diferentes teores de água no solo e competição com plantas de *brachiaria brizantha*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.1, p.147-159, 2000.

SOUZA, P. A. de. **Características químicas de alface cultivada sob efeito residual de um solo adubado com composto orgânico**. Monografia de Graduação: Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró-RN, 1998. 44 p.

YURI, J. E.; SOUZA, R. J. de; FREITAS, S. A. C. de; RODRIGUES JUNIOR, J. C.; MOTA, J. H. Comportamento de cultivares de alface tipo americana em Boa Esperança. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.229-232, 2002.